



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 661 511 A1**

⑫ **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑲ Anmeldenummer: **94120521.3**

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>: **F28F 13/12**

⑳ Anmeldetag: **23.12.94**

③① Priorität: **31.12.93 DE 4345045**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.07.95 Patentblatt 95/27**

⑨④ Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE DE ES FR GB IT NL SE**

⑦① Anmelder: **HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT**

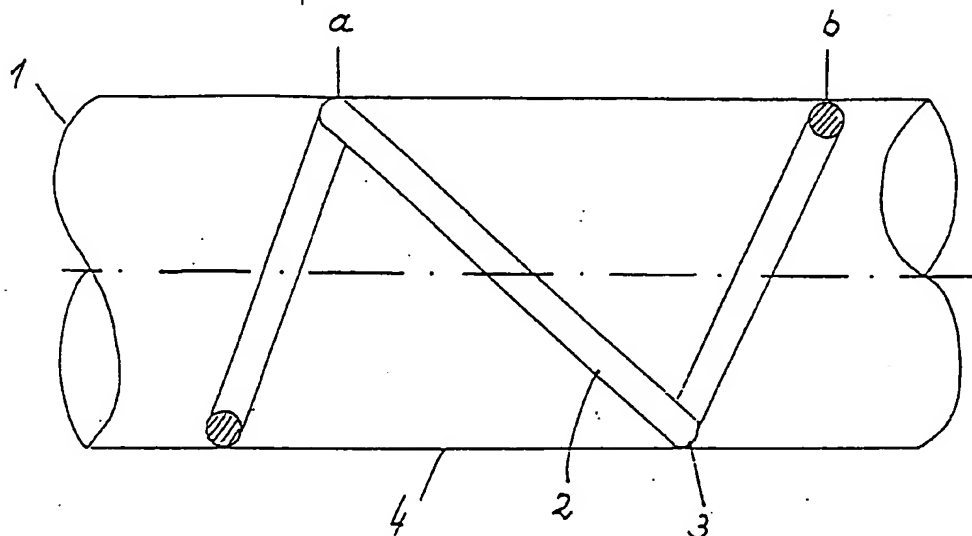
**D-65926 Frankfurt (DE)**

⑦② Erfinder: **Höfs, Wolfgang**  
**An der Schlenke 7**  
**D-46147 Oberhausen, FRG (DE)**  
 Erfinder: **Lohr, Jürgen**  
**Niederfeldstrasse 45**  
**D-46535 Dinslaken, FRG (DE)**  
 Erfinder: **Materne, Winfried**  
**Osterfeldstrasse 26**  
**D-58300 Wetter, FRG (DE)**  
 Erfinder: **Thönnessen, Franz, Dr.**  
**Lützowstrasse 49**  
**D-46147 Oberhausen, FRG (DE)**

⑤④ **Wärmeaustauscherrohr mit Einbauelement.**

⑤⑦ Die Wärmeübergangsleistung von Wärmeaustauscherrohren wird durch Einbauelemente in Form einer Drahtspirale verbessert. Die Anordnung bewährt sich insbesondere bei horizontal gelagerten

Wärmeaustauscherrohren und bei Wärmeaustauschvorgängen an denen flüssige/gasförmige Zweiphasensysteme beteiligt sind.



**EP 0 661 511 A1**

Die Erfindung betrifft ein Wärmeaustauscherrohr, für flüssig/gasförmige Zweiphasensysteme mit auswechselbarem statischen Einbauelement.

Die Wärmeübergangsleistung auf der Innenwand von Wärmeaustauscherrohren hängt, wie bekannt, sehr stark von den Strömungsverhältnissen im Rohr ab.

Bestimmend für den Wärmeübergang sind insbesondere die Größe der wirksamen Wärmeübergangsfläche des Rohres und außerdem die Stoffwerte des in den Austauscherohren transportierten Mediums, zum Beispiel seine Zähigkeit und seine Wärmeleitfähigkeit.

Zur Verbesserung ihrer Wärmeübergangsleistung stattet man Wärmeaustauscherrohre mit Einbauten aus. Sie erhöhen den Wärmeübergangswert zwischen Medium und Rohr durch Steigerung der Turbulenz und Vergrößerung der spezifischen Übertragungsfläche.

Als Einbauten werden zum Beispiel schlingenartige, bürstenförmige und auch wendelförmige Einsätze verwendet, die einen höheren Turbulenzgrad erzeugen und somit bei geringen Reynoldszahlen zu höheren Wärmeübergangskoeffizienten führen. Der Arbeitsbereich solcher Einsätze liegt hauptsächlich im Übergangsgebiet zwischen laminarer und turbulenter Strömung.

Als nachteilig erweist sich, daß sie einen relativ hohen Druckverlust für das Medium zur Folge haben, weil sie den Strömungsquerschnitt des Wärmeaustauscherrohres nicht unerheblich vermindern.

Ein anderer Weg die Wärmeübergangsleistung zu verbessern besteht darin, Wärmeaustauscherrohre mit axialen Stegen oder Nuten zu versehen. Solche Rohre sind jedoch nur mit großem Aufwand herzustellen und daher für einen ausgedehnten Einsatz weniger geeignet. Überdies ist eine nachträgliche Ausstattung von glatten Rohren mit Stegen oder Nuten nur in Ausnahmefällen möglich.

Die beiden bekannten Maßnahmen, den Wärmeübergang von Wärmeaustauscherrohren zu verbessern, haben sich insbesondere bei einphasigen Strömungen bewährt. Liegen aber flüssige und gasförmige Phase nebeneinander vor (Zweiphasenströmung), wird der Wärmeübergang von Rohren, die bekannte Einsätze enthalten gegenüber glatten Rohren nur unter Inkaufnahme eines erhöhten Druckverlustes verbessert, wenn das Strömungsbild der Medien einer Schicht- oder Schwallströmung entspricht. Dieses Ergebnis ist darauf zurückzuführen, daß die bekannten Einbauten die Turbulenz vergrößern und Energie dissipieren und überdies die geringe Wärmeübergangsleistung der Gasphase durch die Einbauten im Rohr nur entsprechend der Flächenzunahme erhöhen.

Insbesondere bei der Kondensation an der Außenfläche eines waagerecht angeordneten Rohres, bei dem infolge der geringen Schichtstärke am

oberen Scheitelpunkt hohe äußere Wärmeübergangszahlen auftreten, führen die genannten Maßnahmen bei Schicht- oder Schwallströmung nur zu proportionalen Steigerungsraten.

Es bestand daher die Aufgabe Wärmeaustauscherrohre mit erhöhter Wärmeübergangsleistung zu entwickeln, die sich in einfacher Weise unterschiedlichen Anforderungen anpassen lassen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Wärmeaustauscherrohr der gattungsbildenden Art, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß das Einbauelement eine Drahtspirale ist deren Außendurchmesser etwa gleich dem Innendurchmesser des Wärmeaustauscherrohres ist.

Überraschenderweise wird die Wirksamkeit des Wärmeaustauscherrohres durch Einführen einer Drahtspirale in das Rohrrinnere erheblich verbessert. Das gilt insbesondere für den Fall, daß flüssig/gasförmige Zweiphasensysteme in einem horizontal angeordneten Rohr verdampft oder kondensiert werden sollen. Die Spirale nimmt im Rohrrinnere eine feste Position ein, d.h. sie wird während des Betriebs nicht bewegt, z.B. in Längsrichtung verschoben. Die Spirale liegt weiterhin an der Rohrrinnenwand an oder nahezu an d. h., ihr Außendurchmesser ist etwa gleich dem Innendurchmesser des Wärmeaustauscherrohres.

Aufgrund des Druckverlustes in den vorgeschalteten Anlagen gelangt das zweiphasige Medium in der Regel als Schwall- oder Schichtströmung in das horizontal angeordnete Wärmeaustauscherrohr. Hohe Wärmedurchgänge mit guten Wärmeübergangskoeffizienten an der Außenwand des Rohres werden nur in Bereichen erzielt, in denen die Flüssigkeit an der Innenwand des Rohres strömt. Die an der Innenwand transportierte Gasphase vermindert dagegen die Wärmeübergangsleistung. Insbesondere bei Kondensation an den Rohraußenflächen reduziert die Gasströmung im Rohr die Wärmeübergangsleistung. Da bei der Schichtströmung der Anteil der flüssigen Phase gering ist gegenüber der gasförmigen Phase, stellt sich schließlich ein Wärmedurchgangskoeffizient ein, der durch die Gasströmung bestimmt wird.

Mit Hilfe der erfindungsgemäß in das Wärmeaustauscherrohr eingesetzten Drahtspirale, wird dem im unteren Bereich des Rohres befindlichen abzukühlenden oder zu erheizenden fließfähigen Medium, das in Richtung der Rohrachse strömt, eine tangential gerichtete Geschwindigkeitskomponente aufgezwungen. Sie führt zu einer Art Drallströmung, bei der die lineare Geschwindigkeit besonders im wandnahen Bereich, d. h. an der Austauschfläche, deutlich größer ist als bei einer rein axialen Strömung. Eine vollständige Benetzung der Innenwand des Austauscherochres ist die Folge und dadurch eine Verbesserung des Wärmeüberganges in der Grenzschicht zwischen Rohrwand

und flüssiger Phase. Der Wärmeübergang wird weiter verstärkt durch die Erhöhung des Wärmeaustausches zwischen Gas und Flüssigkeit aufgrund des Dralleffektes.

Die erfindungsgemäß in das Wärmeaustauscherrohr eingesetzte Drahtspirale, besteht vorzugsweise aus unter den Arbeitsbedingungen nicht deformierbaren Werkstoffen, z.B. aus Metall wie Stahl oder Kupfer. Der Begriff Draht umfaßt jedoch nicht nur Spiralen aus Metallen sondern auch solche aus Kunststoffen wie Polypropylen, Polytetrafluorethylen oder aus Keramik. Die große Vielfalt geeigneter Werkstoffe für die erfindungsgemäße Drahtspirale ermöglicht die Verwendung des Wärmeaustauscherrohres für die verschiedensten Einsatzgebiete. Die Auswahl des Werkstoffes richtet sich vor allem nach seiner Beständigkeit gegenüber dem im Wärmeaustauscherrohr strömenden Medium und nach dem speziellen Anwendungsgebiet.

Die Drahtspirale kann durch Änderung ihrer Steigung (Ganghöhe), ihres Profilquerschnitts und der Dicke des Drahtes dem jeweiligen Wärmeaustauschproblem angepaßt werden.

Die Ganghöhe der Spirale beeinflußt das Ausmaß der Benetzung der Rohrinne wand. So empfiehlt es sich bei hohen Gaseintrittsgeschwindigkeiten Spiralen mit geringer Steigung, d. h. 20 bis 80 mm/Windung, vorzugsweise 40 bis 60 mm/Windung anzuwenden. Auf diese Weise wird der Eintrittsimpuls des Gases genutzt um eine vollständige Benetzung der Innenwand zu erzielen.

Hohe Flüssigkeitsbelastung in Verbindung mit geringer Gasgeschwindigkeit erfordert Spiralen mit hoher Steigung. Bewährt haben sich Steigungen von 100 bis 300 mm/Windung, vorzugsweise von 150 bis 250 mm/Windung.

Überdies können auch Spiralen verwendet werden, deren Steigung über ihre Länge veränderlich ist, d. h. Spiralen, die über ihre Länge Abschnitte unterschiedlicher Steigung aufweisen. Mit ihnen läßt sich der innere Wärmeübergang an den äußeren anpassen, also zum Beispiel hohe Verdampfungsgeschwindigkeit in einem inneren Rohr mit hoher Kondensationsleistung am äußeren Rohr einstellen.

Auch der Profilquerschnitt der Drahtspirale kann weitgehend frei gewählt werden, er kann zum Beispiel rund, oval, rechteckig oder quadratisch sein, entsprechend den individuellen Anforderungen der eingesetzten Apparate oder des angewandten Verfahrens.

Von Bedeutung ist schließlich noch der Durchmesser des Drahtes. Er richtet sich nach dem Durchmesser des Wärmeaustauscherrohres und steht zu ihm in einem Verhältnis von 1:5 bis 1:15, vorzugsweise 1:6 bis 1:10. Die Einhaltung dieser Werte stellt einen hohen Wärmeübergang bei sehr geringer Beeinträchtigung des freien Querschnitts des

Wärmeaustauscherrohres sicher.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Einsatzes für Wärmeaustauscherrohre ist die Möglichkeit sie auch in bereits in Betrieb befindlichen Apparaten einzusetzen, so daß deren Leistungsfähigkeit erhöht und eine Vergrößerung der Wärmeaustauschapparate entbehrlich wird. Von besonderer Bedeutung ist in diesen Fällen, verglichen mit anderen Lösungsmöglichkeiten, die Aufrechterhaltung eines großen freien Querschnitts im Wärmeaustauscherrohr und damit verbunden das Auftreten vernachlässigbar geringer Druckverluste in vor- oder nachgeschalteten Apparaten.

Die erfindungsgemäßen Einbauelemente werden lose in die Wärmeaustauscherrohre eingeführt und mit ihnen lösbar verbunden.

Die lösbare Verbindung kann z. B. durch einfaches Einhängen der Spirale in das Wärmeaustauscherrohr oder durch Befestigungsvorrichtungen, z. B. Schrauben-/Mutterverbindungen hergestellt werden.

In den beigefügten Zeichnungen wird eine Ausführungsform der Erfindung näher erläutert.

In einem horizontal angeordneten Wärmeaustauscherrohr 1 ist eine Drahtspirale 2 in der Weise angeordnet, daß ihre Windungen 3 die Innenwandung des Wärmeaustauscherrohres 4 berührt. Die Steigung (Ganghöhe) der Spirale ist durch den Abstand a-b zweier Windungen gegeben.

#### Patentansprüche

1. Wärmeaustauscherrohr für flüssig/gasförmige Zweiphasensysteme mit auswechselbarem statischen Einbauelement, dadurch gekennzeichnet, daß das Einbauelement als Drahtspirale ausgebildet ist, deren Außendurchmesser etwa gleich dem Innendurchmesser des Wärmeaustauscherrohres ist.
2. Wärmeaustauscherrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale aus Metall besteht.
3. Wärmeaustauscherrohr nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale aus Kupfer besteht.
4. Wärmeaustauscherrohr nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale aus Stahl besteht.
5. Wärmeaustauscherrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale aus Kunststoff besteht.
6. Wärmeaustauscherrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale

aus Keramik besteht.

7. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale mit einem runden Querschnitt ausgebildet ist.

5

8. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale mit einem ovalen Querschnitt ausgebildet ist.

10

9. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale mit einem quadratischen Querschnitt ausgebildet ist.

15

10. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale mit einem rechteckigen Querschnitt ausgebildet ist.

20

11. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale eine Steigung von 20 - 80 mm/Windung aufweist.

25

12. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale eine Steigung von 40 - 60 mm/Windung aufweist.

30

13. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale eine Steigung von 100 bis 300 mm/Windung aufweist.

35

14. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Drahtspirale eine Steigung von 150 bis 250 mm/Windung aufweist.

40

15. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Durchmesser des Wärmeaustauscherrohres zu dem Durchmesser der Drahtspirale 1:5 bis 1:15 beträgt.

45

16. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Durchmesser des Wärmeaustauscherrohres zu dem Durchmesser der Drahtspirale 1:6 bis 1:10 beträgt.

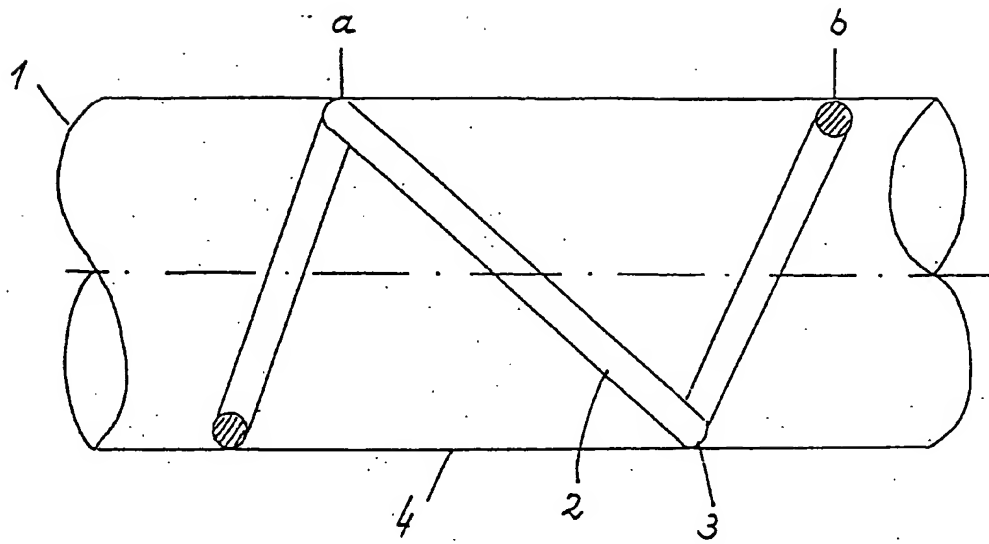
50

55

17. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Drahtspirale mit dem Wärmeaustauscherrohr lösbar verbunden ist.

18. Wärmeaustauscherrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 17 dadurch gekennzeichnet, daß es horizontal angeordnet ist.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 12 0521

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	EP-A-0 280 612 (VALEO CHAUSSON THERMIQUE) * Spalte 2, Zeile 7 - Spalte 3, Zeile 13; Abbildungen 1-4 *	1-18	F28F13/12
X	DE-U-89 12 789 (M. ZIKELI) * Seite 2, Zeile 20 - Seite 3, Zeile 4; Abbildung 4 *	1-18	
X	US-A-2 068 955 (R.W. KRITZER) * Abbildungen 1-3 *	1,10	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 163 (M-487) 11. Juni 1986 & JP-A-61 015 090 (TODA KAZUO) 23. Januar 1986 * Zusammenfassung *	1-3,7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche		Prüfer
DEN HAAG	18. April 1995		Kusardy, R
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			